

Articulações entre Teoria da Flexibilidade Cognitiva e os Três Momentos Pedagógicos: confecção e análise de um material didático na estrutura fractal⁺

Graciely Rocha Braga¹

Wagner Duarte José¹

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Vitória da Conquista – BA

Resumo

A Teoria da Flexibilidade Cognitiva estabelece que o conhecimento é construído mediante o enfrentamento de situações reais, pertinentes a domínios de conhecimento complexos e pouco estruturados. Articulações entre essa teoria e os Três Momentos Pedagógicos, em especial a Aplicação do Conhecimento, podem favorecer o processo “codificação-problematização-descodificação” e o modelo fractal da estruturação didática desses momentos. Este artigo tem por objetivo desenvolver essas articulações e exercitá-las na análise de um material didático referente ao tema Produção, Transmissão e Consumo da Energia Elétrica, produzido no contexto do ensino de Física da Educação de Jovens e Adultos. Verificamos que os pressupostos da Teoria da Flexibilidade Cognitiva contribuem para o desenvolvimento da Aplicação do Conhecimento e do modelo fractal por meio de estruturas de conhecimento em rede e flexíveis, construídas ao longo do cruzamento de paisagens ou temas altamente inter-relacionados, utilizadas no enfrentamento do cotidiano científico-tecnológico e na resolução de problemas. Nas considerações finais, tecemos comentários acerca da potencialidade do material didático e das articulações desenvolvidas para outras abordagens didáticas e modalidades de ensino.

⁺ Articulations between Cognitive Flexibility Theory and the Three Pedagogical Moments: preparation and analysis of a didactic material in the fractal structure

* Recebido: março de 2020.

Aceito: setembro de 2020.

¹ E-mails: gracy.rb@hotmail.com; wagnerjose@uesb.edu.br

Palavras-chave: *Teoria da Flexibilidade Cognitiva; Três Momentos Pedagógicos; Energia Elétrica; Ensino de Física; Educação de Jovens e Adultos.*

Abstract

The Cognitive Flexibility Theory establishes that knowledge is built by facing real situations, pertinent to complex and ill-structured knowledge domains. Articulations between this theory and the Three Pedagogical Moments, in particular the Application of Knowledge, may favor the “codification-problematization-decoding” process and the didactic structuring fractal model of these moments. This article aims to develop these articulations and exercise them in the preparation and analysis of a didactic material related to the theme Production, Transmission and Consumption of Electric Energy, produced in the context of teaching physics in Youth and Adult Education. We verified that the assumptions of the Cognitive Flexibility Theory enhance the understanding/development of the Knowledge Application and the fractal model through networked and flexible knowledge structures, built along the crossing of highly interrelated landscapes or themes, used in facing scientific-technological daily life and problem solving.

Keywords: *Cognitive Flexibility Theory; Three Pedagogical Moments; Electric Energy; Physics Teaching; Youth and Adult Education.*

I. Introdução

Proposta por Rand Spiro, Paul Feltovich e Richard Coulson no final da década de 1980, a Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC) surgiu como resposta às dificuldades que os sujeitos aprendizes possuem em adquirir conhecimentos de nível avançado em domínios complexos e pouco estruturados. Estes são caracterizados como um nível de aprendizagem em que o sujeito é capaz de aplicar o conhecimento que está sendo apreendido em novas situações de modo flexível, construindo novas representações para o conhecimento a depender do contexto em questão.

Segundo a TFC, a causa dessas dificuldades está na simplificação dos sistemas de representação do conhecimento, isto é, em se assumir no processo ensino-aprendizagem que os domínios de conhecimento são mais simples e mais regulares do que eles realmente são, levando a abordagens de representações mais rígidas e fragmentadas. Dessa maneira, o estudante “[...] não tem a habilidade de usar seus conhecimentos em novos caminhos, a

habilidade de pensar por si mesmo” (SPIRO; FELTOVICH; COULSON, 1987, p. 1, tradução nossa).

Essa problemática também é verificada em muitas pesquisas e documentos acerca do ensino da Física (ARRUDA, 2001; 2003; ANGOTTI, 2015; BRASIL, 2002). O formalismo matemático e descontextualizado tem sido priorizado em detrimento dos fenômenos físicos, o que resulta em conhecimentos de Física que parecem não exercer influência na formação científica e tecnológica, na resolução de problemas e no enfrentamento de situações do dia a dia (MENEZES, 1980; PIETROCOLA, 2005; RICARDO, 2010).

No presente artigo, desenvolvemos articulações entre a TFC e os Três Momentos Pedagógicos (3MP) – Problematização Inicial, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento – propostos por Delizoicov e Angotti (1992) para viabilizar o processo de “codificação-problematização-descodificação” no contexto da educação formal. É nosso objetivo evidenciar como esses entrelaçamentos podem favorecer e contribuir para o modelo fractal dos 3MP (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011) e para a estruturação dos mini-casos na TFC. Dedicamos especial atenção à Aplicação do Conhecimento, cujo papel é o de capacitar o educando a transcender o conhecimento apreendido na sala de aula, generalizando-o em diferentes situações (DELIZOICOV, 2005). Como exemplar, analisamos um material didático confeccionado no contexto do ensino de física da Educação de Jovens e Adultos (EJA) com possibilidades afins para o ensino médio e outras modalidades de educação.

II. A teoria da flexibilidade cognitiva e a construção do conhecimento por meio de casos e mini-casos

A TFC é uma teoria construtivista de ensino, aprendizagem e de representação do conhecimento que se baseia no estudo de casos e mini-casos e na “travessia da paisagem em várias direções²” para desenvolver no sujeito aprendiz a Flexibilidade Cognitiva (FC). Conceito central da teoria, a flexibilidade cognitiva é compreendida como a capacidade que o sujeito tem de, perante uma situação nova ou problema, (re)organizar o conhecimento de forma flexível para resolver a situação ou problema em causa (CARVALHO, 2001).

A TFC centra-se na transferência de conhecimento em casos com amplas variações conceituais, representativos de diferentes contextos. “O conhecimento a ser usado de várias maneiras tem que ser aprendido, representado e experimentado de muitas maneiras” (SPIRO *et al.*, 1988, p. 3, tradução nossa). A transferência não está relacionada com o método de transmissão e recepção, não se refere à transmissão de conteúdo do educador para educando, mas a uma ação que acontece no campo da cognição do estudante, possibilitada pela FC.

² A expressão original “criss-crossed landscape” é uma metáfora utilizada pela TFC com base na obra de Wittgenstein intitulada “Investigações Filosóficas” (CARVALHO, 2000). Na TFC, a paisagem refere-se ao conhecimento científico, quando o estudante aplica esse conhecimento em diferentes situações ou várias direções.

Para que o estudante desenvolva estruturas flexíveis de conhecimento, este deve ser representado de forma flexível, partindo de quatro pressupostos (SPIRO; FELTOVICH; COULSON, 1987): (1) representações em que o conhecimento possa se adequar às necessidades de um contexto, permitindo que o conhecimento seja usado de diferentes maneiras em diferentes ocasiões para diferentes fins; (2) representações de conhecimento altamente interconectadas; (3) abordagem de assuntos complexos (por exemplo: tópicos históricos, batalhas militares, uma situação medica, ou seja, casos concretos e atuais), para os autores, situações cotidianas são em si uma abordagem complexa de determinado assunto; (4) discussão de detalhes específicos e característicos de um caso geral.

Desenvolver a TFC em sala de aula implica em romper com abordagens fragmentadas e descontextualizadas do conhecimento e considerá-lo como algo complexo, não linear, interdisciplinar e relevante para compreender e explicar fenômenos de forma dinâmica. Entra em jogo o exercício da flexibilidade cognitiva, a utilização/reconstrução do conhecimento prévio e a apropriação de novos conhecimentos aplicados ao problema ou situação em questão. No ensino da Física ou das Ciências Naturais, isto pode vir a favorecer a formação cultural, científico-técnica e a melhoria do raciocínio na resolução de problemas ou da vida diária dos estudantes.

Deste modo, deve-se permitir que o estudante acesse a mesma informação por diferentes ângulos, observando que os conceitos podem ser variáveis, dependentes de outros conceitos com os quais se relacionam e interagem, a depender do contexto do caso. Como as situações reais que possuem uma complexidade multiforme e, por isso, precisam ser representadas de muitas formas diferentes para se analisar cada aspecto, possibilitando ao estudante uma compreensão profunda do assunto sob uma perspectiva variada para poder aplicar esse conhecimento flexivelmente em diferentes situações (PESSOA, 2009).

Os casos são situações reais em que se aplica o conhecimento conceitual, a fim de preparar os estudantes para aplicarem melhor o conhecimento que eles adquirem na educação formal a novos casos do mundo real (SPIRO; FELTOVICH; COULSON, 1987). A ideia presente neste pressuposto significa que o conhecimento é construído através da sua utilização. O significado dos conceitos depende dos contextos e as particularidades de cada caso são realçadas pela interação entre diversos conceitos. “Conhecimento na prática e não tanto no abstrato” (SPIRO *et al.*, 1988, p. 380, tradução nossa). Um caso pode ser um capítulo de um livro, sequência de um filme, um acontecimento histórico, uma notícia, entre outros. Em vez de construir conhecimento de exemplos, o conhecimento está nos exemplos. Os casos devem ser variados e abrangerem diferentes perspectivas do conhecimento, constituir uma unidade complexa que engloba aspectos gerais do conhecimento (SPIRO; FELTOVICH; COULSON, 1987).

Spiro e colaboradores (1988) afirmam que os casos são a chave pela função que possuem na TFC, mas devem ser decompostos e analisados em unidades menores chamadas de mini-casos. Estes permitem que aspectos importantes dos casos que se perderiam no estudo

do todo sejam vistos individualmente e de maneira relevante, “o uso de pequenos segmentos (mini-casos) ajuda a reter a pluralidade de situações” (SPIRO *et al.*, 1988, p.12, tradução nossa). Vidmar (2017) enfatiza também a sobrecarga cognitiva que a utilização dos casos pode impor na construção de conhecimentos complexos em domínios de conhecimento pouco estruturados, pelo fato de se constituírem em unidades complexas.

Os mini-casos possibilitam que o estudante analise com maior experiência os casos, além de permitirem a conexão entre diferentes casos (Spiro *et al.*, 1987; 1988). Os mini-casos devem ser pequenos para permitirem uma análise conceitual rápida (isto é, estudados em um pequeno espaço de tempo estabelecendo conexões diretas entre si e o caso), mas ricos para serem analisados com diversos conceitos num processo denominado travessia da paisagem (SPIRO *et al.*, 1988) ou travessia temática (CARVALHO, 2000).

Eles aceleram o processo de aquisição de experiência, tornando a complexidade tratável para o aprendente e facilitando a subsequente reestruturação do conhecimento. Cada mini-caso deve ser usado mais do que uma vez, isto é, o mesmo local de uma paisagem deve ser visitado durante as travessias da paisagem. A TFC centra-se na análise de mini-casos e não no conhecimento abstracto (CARVALHO, 2011, p. 21).

Na estratégia didática para ambientes virtuais denominada de *Flexquest*³, por exemplo, os estudantes constroem conhecimento flexível por meio do estudo de casos reais obtidos diretamente da internet que são desconstruídos pelo professor em mini-casos. Vasconcelos e Leão (2012), em pesquisa realizada com estudantes do 1º Ano do Ensino Médio utilizaram a *Flexquest* como estratégia para o ensino de radioatividade em Química. Os casos/mini-casos são notícias reais presentes em revistas eletrônicas, programas de televisão e site de notícias, como um dos casos que versa sobre o tráfico da *Torianita* no estado do Amapá (Brasil), um minério radioativo.

Cada caso foi decomposto em quatro mini-casos, os quais versam sobre a detecção da radioatividade em materiais; resíduos radioativos e seu descarte; utilização e manuseio de material radioativo; doenças oriundas da exposição à radiação; aplicações benéficas e maléficas de elementos radioativos e elementos químicos radioativos. Segundo os autores, a estratégia possibilitou o estudo do mesmo tema em diferentes contextos, possibilitando uma melhor compreensão do assunto e aplicações a diferentes situações nas quais se possa encontrar no cotidiano. Ainda ressaltam: o professor desconstrói os casos/mini-casos de acordo com os seus objetivos de aprendizagem, e faz a mediação entre o aluno e as situações reais, promovendo e incentivando leituras críticas dessas situações.

O processo de desconstrução dos casos continua com os temas de análise conceitual, que constituem o conhecimento teórico estudado por vários ângulos, compreendido como conceitos, princípios, leis e teorias necessários para a compreensão dos mini-casos e

³ Disponível em: <<http://flexquest.ufrpe.br/>>.

consequentemente dos casos, (VIDMAR, 2017). Um tema ou vários temas aplicam-se a mais de um mini-caso de diferentes casos, permitindo que o educando realize, por meio dos temas, uma passagem por vários mini-casos. Nesse momento, o aprendiz realiza o que a teoria denomina de “criss-crossed landscape”, que se entende por cruzamento ou travessia da paisagem em várias direções (CARVALHO, 2000).

Na TFC, quando o estudante aplica esse conhecimento em diferentes situações ou várias direções, está realizando o processo de reconstrução dos mini-casos, indicando que a compressão conceitual do domínio foi alcançada. Pelo cruzamento de paisagens ou de temas altamente inter-relacionados (Fig. 1), são construídas estruturas de conhecimentos em rede que permitem maior flexibilidade nas formas como o conhecimento pode ser potencialmente reunido para utilização na compreensão e resolução de problemas (PESSOA; NOGUEIRA, 2009).

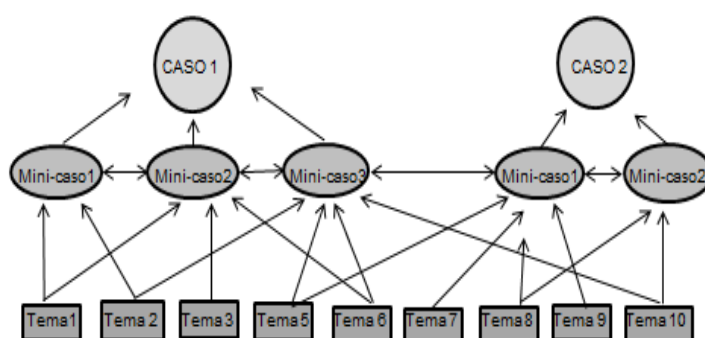


Fig. 1 – Representação da travessia temática. Fonte: adaptado de Vidmar, 2017.

Vidmar (2017), intentando verificar as potencialidades de atividades didáticas de Física mediadas por hipermídias com estudantes do 3º ano do ensino médio para desenvolver a Flexibilidade Cognitiva, fez uso de diferentes casos, tomamos apenas um, por exemplo. Caso: ligação do circuito elétrico nas residências; mini-caso (1): mono, bi e trifásico; mini-caso (2): 127 V e 220 V e mini-caso (3): ligação dos aparelhos elétricos. Para analisar conceitualmente esses mini-casos, foram utilizados os temas/conceitos: corrente elétrica, frequência, lei de conservação de energia, lei de Ohm, potência elétrica, resistência elétrica e tensão elétrica. Baseado em vários autores, Vidmar destacou algumas contribuições possibilitadas pelas travessias temáticas no âmbito da TFC: (I) analisar o mesmo tema, porém aplicado em contextos diferentes (II) identificar conexões entre os temas ao longo dos mini-casos, (III) estabelecer ligações entre mini-casos de diversos casos (IV) indicar diversas ligações entre casos e mini-casos e conceitos de modo a construir estruturas de conhecimento flexíveis que favoreçam a reestruturação das mesmas em novos contextos.

Por meio de um levantamento bibliográfico de pesquisas realizadas na perspectiva da TFC, BRAGA (2019) constatou que essas se concentram em analisar o desenvolvimento, implementação e/ou avaliação de recursos educacionais hipermidiáticos no ensino. Em geral,

os pesquisadores focalizam seus estudos na formação acadêmica/profissional de nível superior, à exceção de alguns trabalhos (LEÃO; NERI, 2009; VASCONCELOS; LEÃO, 2012; SOUZA; LEÃO, 2015; LEITE; LEÃO, 2015) voltados para o ensino de ciências na educação básica que utilizam a *Flexquest*. Pode-se perceber uma lacuna da TFC na educação básica, sinalizando a necessidade de mais estudos que busquem investigar a teoria nesse âmbito de educação, bem como apontar outros caminhos para a sua utilização, para além da centralidade nos recursos digitais de informação e comunicação.

III. A dinâmica dos três momentos pedagógicos

Proposto inicialmente por Delizoicov (1982), os Três Momentos Pedagógicos (3MP), constitui-se em uma dinâmica didático-pedagógica dialógico-problematizadora, porquanto busca transpor a concepção educacional freiriana para o ambiente da educação formal, evidenciando o diálogo e a problematização de situações relevantes para o educando. Segundo Muenchen e Delizoicov (2012, p. 212), atualmente, além de uma dinâmica de sala aula, os Três Momentos Pedagógicos são estruturadores que delinham currículos e programas de ensino, elaboram material didático (livro “Física”, 1992, responsável pela disseminação dos 3MP no século XX), organizam discussões em eventos, além da apresentação e publicações em livros. Os Três Momentos Pedagógicos são:

i) Problematização inicial (PI): o professor apresenta o tema a ser desenvolvido na aula de forma problematizada; para além da assimilação dos conhecimentos de senso comum que os estudantes possuem, busca-se a percepção que eles têm da sua realidade num processo de distanciamento crítico, percebendo as situações como obstáculos limitantes de sua situação existencial. Na medida em que vislumbram essas situações de forma crítica passam a enxergá-las como obstáculos suscetíveis de superação, iniciando um esforço para ultrapassá-los (FREIRE, 1987).

ii) Organização do conhecimento (OC): neste segundo momento, o conhecimento sistematizado é estudado com a orientação do professor; diferentes recursos didáticos podem ser utilizados. Os conteúdos são parte importante do processo de descodificação, apresentam-se como informações necessárias que devem ser apreendidas para melhor compreensão do problema inicial, permitindo uma reflexão por parte do estudante, não só dos problemas conceituais da sala de aula, mas, também, da realidade concreta em que está inserido (DELIZOICOV, 2001).

iii) Aplicação do conhecimento (AC): neste último momento, o conhecimento que vem sendo adquirido é utilizado para interpretar tanto os problemas/situações iniciais quanto outros/as que podem ter ou não ligação com as anteriores. A finalidade é levar o estudante a transpor o conhecimento para situações ou contextos diferentes, sendo capaz de dar novas representações ao conhecimento. Formar sujeitos críticos é também ampliar-lhes a visão de mundo, propiciando diversas perspectivas do problema, diferentes formas de ação e apreensão de novas situações de forma autônoma (DELIZOICOV, 2001).

Delizoicov (2008) enfatiza que os 3MP não devem ser utilizados apenas como recurso didático que organiza aulas, de modo que o primeiro momento seja apenas um pretexto para introduzir conhecimentos científicos e que o terceiro momento destine-se à resolução de exercícios. Isto porque a prática dos 3MP é dinâmica, sobretudo ancorada no processo de “codificação-problematização-descodificação” proposto por Freire (1987). Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011, p. 243) consideram:

Pode-se associar o uso estruturado dos três momentos ao modelo de um fractal⁴, ou seja, um elemento que, ao se repetir, oferece múltiplas possibilidades de construção de estruturas maiores, como resultado da diversidade de maneiras de organizar o uso repetido do mesmo elemento estruturado (grifos nossos).

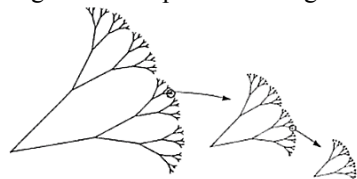
O processo se dá em dois contextos, o teórico e o concreto, dialeticamente associados. O contexto teórico é caracterizado pelo diálogo, por meio deste analisa-se criticamente os fatos do contexto concreto, distanciando-se desse. O estudo no contexto teórico realiza-se por meio da abstração de situações reais, que são representações dos fatos concretos ou codificações (FREIRE, 1981). “A codificação faz a mediação entre o contexto concreto e o teórico, mediatiza os sujeitos cognoscentes com o objeto do conhecimento” (FREIRE, 1981, p. 51). Portanto, em todas as etapas de descodificação presente nos 3MP, “estarão os homens exteriorizando sua visão do mundo, sua forma de pensá-lo, sua percepção fatalista das situações-limites, sua percepção estática ou dinâmica do processo” (FREIRE, 1987, p. 136).

IV. O modelo fractal dos três momentos pedagógicos: contribuições da TFC

Nos 3MP, após a apreensão dos conteúdos, busca-se uma generalização desses conhecimentos, pois estes permitem compreender, tanto as situações iniciais, quanto uma ampla diversidade de fenômenos e situações, associadas ou não às situações iniciais, bem como, ligadas ou não ao cotidiano imediato do estudante (DELIZOICOV, 1991). Ao utilizar o conhecimento para interpretar as situações iniciais e novas situações que, mesmo não estando

⁴ Fractal é um objeto geométrico que nunca perde a sua estrutura, qualquer que seja a distância da visão, cada parte é semelhante ao objeto como um todo, ou seja, os padrões da figura inteira são repetidos em cada parte, numa escala de tamanho menor. Disponível em: <<http://www.mat.uc.pt/~mcag>>. Acesso em: 20 mar. 2019. Exemplar:

Figura - Exemplo de uma figura fractal construída iterativamente retratando a característica de auto semelhança.



Fonte: ASSIS *et al.*, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/rbef/v30n2/a05v30n2.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2020.

diretamente ligadas ao momento inicial, podem ser assimiladas pelo mesmo conhecimento ou suscitar outros novos, o sujeito está aplicando o conhecimento e complementando o processo de decodificação.

Este processo pode ser potencializado na TFC. Os casos e mini-casos contribuem para a generalização do conhecimento, fornecendo diferentes visões e aplicações para os conhecimentos, enquanto a travessia da paisagem em várias direções constitui possíveis caminhos de codificação-descodificação dos 3MP. Enfatizamos que o momento AC, em especial, pode ter um delineamento baseado na Flexibilidade Cognitiva tendo em vista que:

A meta pretendida com este momento é muito mais a de capacitar os alunos ao emprego dos conhecimentos, no intuito de formá-los para que articulem, constante e rotineiramente, a conceituação científica com situações reais, do que simplesmente encontrar uma solução, ao empregar algoritmos matemáticos que relacionam grandezas ou resolver qualquer outro problema típico dos livros-textos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNANBUCO, 2011, p. 202).

Embora se aproxime da AC, a TFC pode vir a subsidiar o momento OC e/ou a PI, porquanto os casos e mini-casos ora desempenham um papel de problematizadores do conhecimento, denotando um conhecimento codificado dentro de uma PI, ora desempenham o papel de um recurso didático no qual, a partir desse caso, o conteúdo sistemático dentro da OC pode ser desenvolvido. A TFC possibilita diferentes caminhos de exploração dos 3MP via não linearidade (estrutura fractal), viabilizando entrelaçamentos com diferentes situações problemas, codificadas nos casos e mini-casos.

O arranjo dessa estrutura pode ser desenvolvido por meio da travessia temática, do modo como os casos e mini-casos estariam configurados na estrutura dos três momentos tendo em mente os domínios de conhecimento complexo e pouco-estruturado, a partir de uma PI, seguida da OC e AC (Fig. 2), ou entrelaçados como uma ou duas unidades de um fractal.

Se considerarmos os 3MP como partes de uma representação semelhante a um fractal e a TFC como estruturante dessas partes, as múltiplas representações do conhecimento nos orientam a perfazermos diferentes perspectivas possíveis de exploração de um caso ou de mini-casos. Ou seja, se partirmos de um ou mais casos no momento da PI em direção à OC é possível que, no decorrer deste momento, alguns conceitos necessários para a compreensão do(s) caso(s) não tenham sido estudados, ocasionando uma nova PI. Por outro lado, um mini-caso dentro da AC que demande outros conhecimentos pode fomentar outro momento de OC ou uma nova PI, resultando em bifurcações na Fig. 2. Mini-casos discutidos na OC podem suscitar novas PI ou variadas AC e, conseqüentemente, novas bifurcações (Fig. 3).

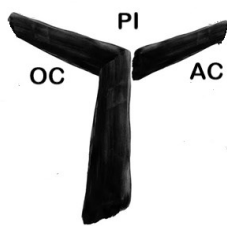


Fig. 2 – Exemplo de uma estrutura dos 3MP. Fonte: adaptado de [aidobonsai.files.wordpress](http://aidobonsai.files.wordpress.com).⁵

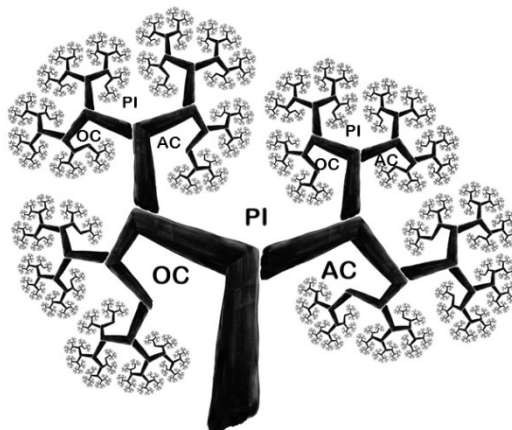


Fig. 3 – Exemplo de uma estrutura dos 3MP formada por várias unidades de um fractal. Fonte: adaptado de [aidobonsai.files.wordpress](http://aidobonsai.files.wordpress.com).

No decurso da travessia temática, ao visitarmos muitos mini-casos para compreendermos como determinado conceito aplica-se em mini-casos distintos, novos momentos de PI e AC podem ser promovidos e, portanto, novas configurações análogas ao fractal. O movimento de desconstrução por meio dos mini-casos e comentários temáticos e a reconstrução realizada a partir da travessia temática demanda uma dinâmica de idas e vindas aos 3MP. Conforme cada momento é retomado sobre variadas singularidades dos casos e mini-casos, ramificações são propiciadas dos momentos preliminares, concebendo novos momentos que, conforme vão se replicando, organizam estruturas maiores e imbricadas de conhecimento. Como exemplar, na seção seguinte analisamos um material didático a partir desta articulação e estrutura.

V. Entrelaçamentos TFC-3MP: análise de um material didático

O material didático que nos propomos a analisar foi fruto das argumentações teóricas e empíricas desenvolvidas em dissertação de mestrado acadêmico (BRAGA, 2019) e versa

⁵ Disponível em: <<https://aidobonsai.com/2011/10/18/fractais-e-o-bonsai/>>. Acesso em: 05 set. 2018.

sobre a temática Produção, Transmissão e Consumo da Energia Elétrica na Educação de Jovens e Adultos. A escolha do tema a ser estudado foi feita levando em conta o Conceito Unificador⁶ *Energia*, em função da sua complexidade e abrangência. São três encartes compondo uma revista contendo casos e mini-casos que expressam conjunções variadas da temática, presentes em situações cotidianas evidenciadas em jornais, *blogs*, *sites*, livros didáticos, entre outros. O objetivo foi proporcionar aos estudantes o estudo de conceitos, leis e teorias da Física em diferentes contextos na perspectiva dos 3MP.

Além das notícias, o material é composto por textos e atividades extraídos do livro didático da Educação de Jovens e Adultos – Coleção “Viver, Aprender” (SCRIVANO *et al.*, 2013)⁷, das Leituras de Física do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física – GREF (COPELLI *et al.*, 1998) e de questões do Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM. O primeiro encarte explora a temática Produção da Energia Elétrica, o segundo discorre acerca da Transmissão da Energia Elétrica e o último discute o Consumo da Energia Elétrica. Este, em especial, versa sobre conhecimentos de Física presentes em outros materiais didáticos para o contexto de sala de aula, destacando o funcionamento de aparelhos elétricos, fenômenos, equações e conceitos.

Diferentemente da estruturação de uma *Flexquest*, a qual faz uso de recursos hipermediáticos (LEÃO; NERI, 2009), esse material foi diagramado em formato para impressão em papel visando o uso em variadas situações de ensino, considerando a realidade educacional das escolas que oferecem a modalidade Educação de Jovens e Adultos (EJA), muitas das quais com precárias condições de infraestrutura computacional e de acesso à rede internet. A utilização do material didático em tela está associada a uma situação de ensino desenvolvida em uma dessas escolas. Não é nosso propósito discutir a situação de ensino neste texto, cujo escopo centra-se na análise do material didático evidenciando a articulação TFC-3MP.

Enfatizamos que é papel do professor organizar os casos e mini-casos e estruturar a situação de ensino. Na medida em que seleciona os casos (de maior abrangência e complexidade), estrutura os mini-casos (unidades menores associadas a um determinado

⁶ Os Conceitos Unificadores são superiores às disciplinas, fluidos e não estruturados rigorosamente, intentam minimizar o fracionamento dos conhecimentos das ciências naturais na sala de aula. *Transformações* da matéria viva e/ou não viva em todas as dimensões do espaço e do tempo; *Regularidades* categorizam e agrupam as transformações mediante regras, semelhanças, ciclos abertos e fechados, recorrências e/ou conservações no espaço e no tempo; *Energia* incorpora *Transformações e Regularidades*, com a vantagem de atingir maior abstração, de estar acompanhado de linguagem matemática de grande generalização e condensação, para instrumentalizar transformações e conservações, e ainda de estar associado à degradação; *Escalas* enquadram os eventos estudados nas mais distintas dimensões, sejam ergométricas, macro ou microscópicas a nível espacial; de durações normais, instantâneas ou remotas a nível temporal; ou com auxílio dos três conceitos anteriores (ANGOTTI, 2015, p. 11).

⁷ A coleção “Viver, Aprender”, desenvolvida pela ONG Ação Educativa em parceria com a Editora Global, foi aprovada pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) para a Educação de Jovens e Adultos. Dentre os objetivos da coleção estão o de contribuir no desenvolvimento de modelos de aprendizagens voltados a participação autônoma e crítica, abordar temas, questões e assuntos relacionados aos interesses e necessidades educativas dos educandos, tendo em vista a aplicação prática do conteúdo escolar (SCRIVANO *et al.*, 2013).

conceito/assunto) e desenvolve os 3MP explorando a travessia temática nos casos e mini-casos como codificações da realidade concreta, estará obtendo uma estrutura semelhante ao fractal destacado na Fig. 3.

Deste ponto em diante, consideramos a estruturação do terceiro encarte. No quadro seguinte, apresentamos os casos/mini-casos e conhecimentos de Física que compõem os 3MP do encarte em tela.

Quadro 1 – Distribuição dos casos e mini-casos dentro dos 3MP.

Tema: Consumo da Energia Elétrica		
Problematização Inicial (PI₁)	Organização do Conhecimento (OC₁)	Aplicação do Conhecimento (AC₁)
Caso: “Um banho diferente” Mini-caso 1: “Lâmpadas incandescentes saem do mercado a partir de julho”. Mini-caso 2: “O Chuveiro elétrico e as diferentes temperaturas da água”. Mini-caso 3: “Tempestade com raios atinge Vitória da Conquista”.	1. Aparelhos elétricos resistivos, motores, geradores e de comunicação; 2. Princípio da conservação da energia; 3. Tensão elétrica, potência elétrica, corrente elétrica e frequência; 4. Efeito Joule; 5. Resistência Elétrica; 6. Lei de Ohm;	Caso: “Nordeste enfrenta a maior sequência de anos com seca extrema já registrada”.

Fonte: adaptado de Braga, 2019.

A primeira etapa da aula constitui na exploração do encarte impresso. O encarte em análise inicia a discussão com o caso “Um banho diferente”, este retrata através de uma tirinha situações relacionadas ao consumo da energia elétrica, tempo de uso dos aparelhos elétricos, aparelhos elétricos resistivos, instalação elétrica, condutores, isolantes e choques elétricos (ver Fig. 4).

Sua discussão, codificada na PI₁, inicia o processo de descodificação. Nesse momento o Conforme as orientações TFC, os aspectos importantes que compõem os casos são vistos de forma relevante e aprofundada a partir das situações apresentadas nos mini-casos 1, 2, 3, destacados no Quadro 1. O diálogo sobre as transformações de energia que ocorrem em aparelhos elétricos e o consumo de energia elétrica é estabelecido por meio do mini-caso 1, “Lâmpadas incandescentes saem do mercado a partir de julho”⁸ (Fig. 5).

⁸ O uso de lâmpadas incandescentes ainda é comum nas residências dos alunos que frequentam a escola onde o material didático foi desenvolvido.

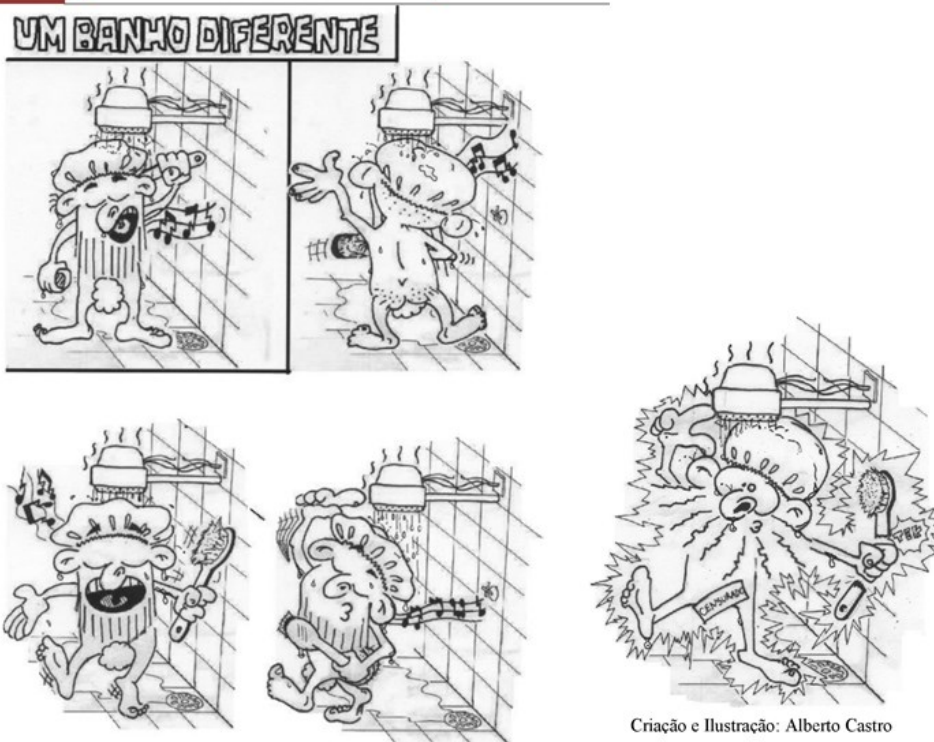


Fig. 4 – Caso “Um banho diferente”. Fonte: Baptista, 2004.

O mini-caso apresenta informações quanto à economia de energia elétrica proporcionada pela troca de lâmpadas incandescentes por fluorescentes ou LEDs, comparando o custo-benefício entre elas. Aspectos do funcionamento de um chuveiro elétrico, da instalação elétrica e hidráulica e do uso correto do aparelho são abordados no mini-caso 2, “O chuveiro elétrico e as diferentes temperaturas da água”. Este destaca as diferentes posições da “chave” (“verão” ou “inverno”) para alterar a temperatura da água. O mini-caso 3, “Tempestades com raios atinge Vitória da Conquista”, discorre sobre uma tempestade que assolou o município, com o intuito de suscitar discussões sobre condutores e isolantes, funcionamento e importância de para-raios, instalações elétricas e choques elétricos. Ambos estão destacados na Fig. 6.

Lâmpadas incandescentes saem do mercado a partir de julho

Governo quer estimular consumo de modelos alternativos, como fluorescentes e de LED, mais econômicas.

Publicado: 11/06/2016

Substituição de incandescentes no mercado economiza anualmente cerca de 5% de toda a energia elétrica utilizada no mundo. A partir do dia 30 de junho, as lâmpadas incandescentes saem de circulação no País. A regra vale para importação e comercialização das lâmpadas incandescentes de uso geral em território brasileiro e visa elevar o comércio de modelos mais eficientes.

Segundo dados da ONU, a substituição das lâmpadas incandescentes no mercado é capaz de economizar anualmente cerca de 5% de toda a energia elétrica utilizada no mundo. Uma lâmpada fluorescente compacta, comparada a uma lâmpada incandescente de luminosidade equivalente, economiza 75%. E se a opção for por uma lâmpada de LED, essa economia sobe para 85%.

A troca das lâmpadas incandescentes no Brasil foi feita de forma gradativa e de acordo com a potência das unidades. As mudanças começaram em 2012, com



Foto: <http://mirante.com/brasil/noticias>

as lâmpadas de potência igual ou superior a 150 W. Depois, em 2013, houve a eliminação das lâmpadas de potência acima de 60 W até 100 W. Em 2014, foi a vez das lâmpadas de 40 W até 60 W. O processo de substituição se encerrará em 30 de junho de 2016 e abrange unidades com potência inferior a 40 W.

A proibição da venda das lâmpadas incandescentes no País ajuda a estimular a adoção de opções mais econômicas e duráveis, como o LED, já adotado amplamente em outros países como China, Índia, Reino Unido, Estados Unidos, Canadá, Cuba, Austrália, Argentina, Venezuela, na União Europeia.

A partir dos prazos finais estabelecidos, fabricantes, atacadistas e varejistas serão fiscalizados. Os estabelecimentos, importadores e fabricantes que não atenderem à legislação estarão sujeitos às penalidades previstas em lei.

Disponível em:
<http://www.brasil.gov.br/editoria/infraestrutura>

Fig. 5 – Mini-caso 1 introduzido na PI_1 e decodificado na OC_1 . Fonte: Braga, 2019.

Ressaltamos que na OC_1 os mini-casos estão articulados com atividades extraídas do livro didático da EJA (SCRIVANO *et al.*, 2013). Este apresenta os conhecimentos da Física em diferentes situações e com diferentes abordagens: situações cotidianas, funcionamento de aparelhos tecnológicos, notícias de jornais, acontecimentos históricos e ambientais, além de apresentar uma estrutura singular, pautada em temas que visam discutir os conhecimentos de maneira interdisciplinar. Outras atividades pautam-se nas Leituras de Física do GREF (COPELLI *et al.*, 1998), visto que estas apresentam uma abordagem conceitual da Física atrelada a objetos tecnológicos e experiências cotidianas dos estudantes.

Ainda na OC_1 , o encarte orienta o estudante a utilizar o princípio da conservação da energia apreendido em encarte anterior para compreender uma nova situação, o funcionamento dos aparelhos elétricos, o que caracteriza uma nova Aplicação do Conhecimento (AC_2). Vale lembrar que o caso AC_1 disposto no Quadro 1 é proposto no final do estudo do material didático, realizando o fechamento da travessia da paisagem. Nesse sentido, AC_2 representa uma bifurcação da OC_1 e origina uma complementação aos três mini-casos no que se refere ao consumo de energia elétrica, viabilizada pelo mini-caso 4 (Fig. 7),

“Aneel confirma bandeira tarifária vermelha 2 em novembro, com novo valor: R\$ 5 para cada 100 kWh (Fig. 7), desencadeando uma nova PI (PI₂).

[CONSUMINDO A ENERGIA ELÉTRICA]

O Chuveiro elétrico e as diferentes temperaturas da água



A maioria dos chuveiros elétricos funcionam sob tensão elétrica de 220 V e possuem, normalmente, uma “chave” que permite alterar seu funcionamento da posição “verão” para a posição “inverno”, e vice-versa. Há modelos que operam ainda com mais de uma posição, além de “desligado”, que todos possuem. As posições identificadas com as estações do ano estão relacionadas às variações entre a temperatura da água que entra e sai do chuveiro.

Texto disponível em: conexões com a Física/Blaidi Sant’Ana... [et al].-1.ed.-São Paulo: Moderna, 2010.

Tempestade com raios atinge Vitória da Conquista

29/03/2017

Uma tempestade, com muitos raios, atingiu a cidade de Vitória da Conquista durante a madrugada desta quarta-feira, 29.

Segundo o Blog do Marcelo, a chuva começou a cair no município por volta de 0h30, mas acabou se intensificando por volta das 2h da madrugada.

De acordo com o blog, uma caminhonete foi arrastada pela enxurrada na Avenida Bartolomeu de Gusmão. Segundo a Defesa Civil da cidade, apenas nesta madrugada choveu cerca de 50 milímetros.

Raios em Vitória da Conquista



Disponível em: www.blogdorodrigoferraz.com.br

Fig. 6 – Mini-casos 2 e 3 introduzidos na PI₁ e decodificados na OC₁.

Fonte: Braga, 2019.

O mini-caso 4, além de explicar as bandeiras tarifárias, atribui o reajuste e uso das bandeiras à falta de chuvas, atestando que a diminuição no funcionamento das hidrelétricas provoca um aumento do uso das termelétricas. A nova problematização gera, portanto, uma nova OC (denominada OC₂) que aborda o cálculo da energia elétrica consumida, e uma nova AC (denominada AC₃), em que se analisa os aparelhos elétricos que consomem mais energia, com base nos conhecimentos adquiridos em momentos anteriores sobre os tipos de aparelhos elétricos e o funcionamento destes. No quadro 2, explicitamos esses momentos. Lembramos que os conceitos físicos são ampliados para resolver/explicar novos contextos de aplicação, como requer o desenvolvimento da FC.

Aneel confirma bandeira tarifária vermelha 2 em novembro, com novo valor: R\$ 5 para cada 100 kWh

Reajuste de 42,8% para o valor da bandeira tarifária vermelha 2 foi aprovado nesta semana pela agência. Alta se deve à estiagem e ao uso mais intenso das usinas termelétricas.

Laís Lis, G1, Brasília 27/10/2017

A Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) anunciou nesta sexta-feira (27) que a bandeira tarifária de novembro também será vermelha em patamar 2 e que o valor cobrado nas contas de luz já virá reajustado para R\$ 5 a cada 100 kWh de energia consumidos.

A bandeira vermelha patamar 2 já vigorou durante o mês de outubro, mas com valor menor: R\$ 3,50 a cada 100 kWh consumidos. O aumento, de 42,8%, foi aprovado nesta semana pela Aneel.

A justificativa para o reajuste foi que a falta de água e a situação delicada dos reservatórios das hidrelétricas vêm exigindo o uso maior de energia das termelétricas (usinas que geram eletricidade mais cara), mas o fundo formado pelos recursos das bandeiras tarifárias não vinha sendo suficiente para cobrir o custo extra do setor.

Segundo a Aneel, "não houve evolução na situação dos reservatórios das usinas hidrelétricas em relação ao mês anterior e, ainda que não haja risco de desabastecimento de energia elétrica, é preciso reforçar as ações relacionadas ao uso consciente e combate ao desperdício".

Fig. 7 – Mini caso 4 da PI₂. Fonte: Braga, 2019.

O sistema de bandeiras tarifárias foi criado para sinalizar aos consumidores o custo da produção de energia no país. O objetivo é permitir que os consumidores adotem medidas de economia para evitar que suas contas de luz fiquem mais caras nos momentos em que esse custo está em alta.

Com os reservatórios das usinas hidrelétricas cada vez mais baixos, por causa da estiagem, o sistema elétrico depende cada vez mais de usinas térmicas, que geram energia mais cara, pois funcionam por meio da queima de combustíveis.

Entenda as bandeiras tarifárias

Reajuste aprovado pela Aneel começa a valer em novembro

*Preços por 100 kWh

BANDEIRAS	COMO ERA	COMO FICA
VERDE Condições favoráveis de geração de energia	Sem cobrança adicional	
AMARELA Condições menos favoráveis de geração de energia	R\$ 2,00*	R\$ 1,00* (redução de 50%)
VERMELHA Geração de energia em estado crítico: térmicas ligadas	Patamar 1: R\$ 3,00* Patamar 2: R\$ 3,50*	Patamar 1: R\$ 3,00* (sem alteração) Patamar 2: R\$ 5,00* (aumento de 42,8%)

Fonte: Aneel



Infográfico elaborado em: 24/10/2017

A cor verde indica que o custo é baixo. A amarela, que ele subiu um pouco. A vermelha, patamar 1, que está alto. E a vermelha, patamar 2, que está muito alto.

Disponível em: g1.globo.com/economia.

Quadro 2 – Organização dos novos momentos pedagógicos.

Tema: Consumo da Energia Elétrica		
Problematização Inicial (PI ₂)	Organização do Conhecimento (OC ₂)	Aplicação do Conhecimento (AC ₃)
Mini-caso 4: Aneel confirma bandeira tarifária vermelha 2 em novembro, com novo valor: R\$ 5 para cada 100 kWh	Consumo da energia elétrica	Aparelhos domésticos que mais consomem energia

Fonte: elaborado pelos autores.

Os conceitos físicos e equações trabalhados na OC₂ permitem que os educandos compreendam a influência da potência elétrica e do tempo de uso dos aparelhos no consumo da energia elétrica, leiam e interpretem a conta mensal de energia elétrica, estimem o consumo mensal em suas residências e adotem medidas de economia de energia elétrica. Para complementar a OC₂ e exercitar o cálculo do consumo de energia, outras questões foram inseridas levando em conta questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e questões que se aproximam dos conceitos avaliados no Exame Nacional para Certificação de Competências de Jovens e Adultos (Encceja)⁹.

A Fig. 8 destaca o desdobramento de uma nova AC (AC₂) dentro da OC₁ e uma nova PI₂ em OC₂ e AC₃, que configuram a bifurcação prevista no modelo fractal dos 3MP para o uso/apropriação do princípio da conservação da energia, descrevendo o percurso da travessia temática desenvolvida neste encarte.

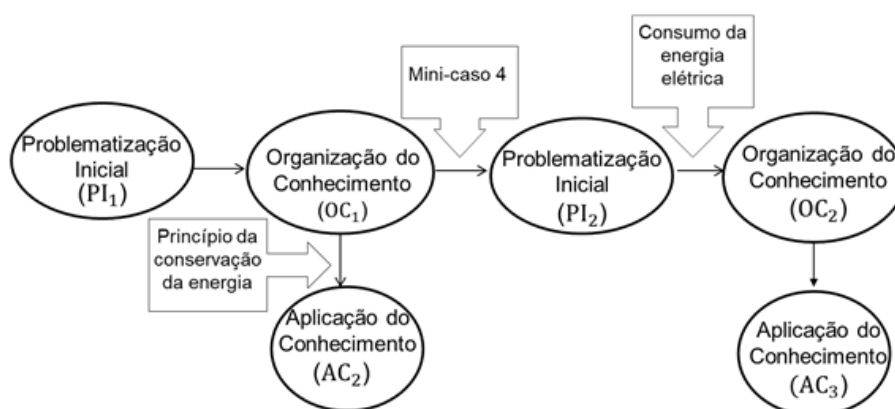


Fig. 8 – Representação da ramificação na OC₁. Fonte: Braga, 2019|.

A Aplicação do Conhecimento (AC₃), prevista na estruturação inicial dos 3MP retoma a análise do caso presente na PI do primeiro encarte referente à Produção da Energia Elétrica, com o caso “Nordeste enfrenta a maior sequência de seca extrema já registrada” (Fig. 9), para que se compreenda a complexidade conceitual do caso inicial do primeiro encarte e se perceba que as situações e os conceitos que as envolvem estão interligados.

O que foi estudado nos três encartes permite agora compreender diferentes situações que se correlacionam e se desenvolvem com vários conceitos interligados, possibilitando, por exemplo, um conhecimento mais aprofundado do mini-caso, "Não fossem as eólicas, o Nordeste estaria enfrentando racionamento de energia", presente no primeiro encarte, os mesmos ocorre com os demais casos e mini-casos compartilhados nos encartes anteriores¹⁰.

⁹ O Encceja possui um formato que se assemelha ao ENEM, as questões são organizadas por áreas do conhecimento e visam avaliar competências, habilidades e saberes adquiridos no processo escolar ou nos processos formativos que se deram ao longo da vida em diferentes contextos.

¹⁰ Caso e mini-casos do primeiro encarte: “Nordeste enfrenta a maior sequência de seca extrema já registrada”; “De onde vem à crise hídrica que seca a bacia do rio São Francisco”; "Não fossem as eólicas, o Nordeste estaria enfrentando racionamento de energia"; “Da falta de estrutura fez-se a ‘crise do apagão’ no Brasil do início do

Verificamos, portanto, que vários conceitos interagindo entre si são pertinentes na aplicação de um caso, ou seja, o caso é analisado por diferentes pontos de vistas, permitindo esclarecer perspectivas do caso ainda não alcançadas.

Nordeste enfrenta a maior sequência de anos com seca extrema já registrada

Estudo mostra que pelo menos 12% da área de superfície terrestre do planeta enfrentou seca em 2016

Bruno Calixto - 11/08/2017

A Sociedade Meteorológica Americana (AMS) e a Agência os Oceanos e Atmosfera dos Estados Unidos (Noaa) publicaram nesta quinta-feira (10) sua edição mais atualizada do *The State of the climate in 2016*, uma análise de como o clima se comportou no planeta no ano passado. O estudo confirma os dados preliminares divulgados no começo de 2017, mostrando que 2016 foi o ano mais quente já registrado— e que a concentração de carbono na atmosfera é a maior nos últimos 800 mil anos.



(Foto: Marcello Casal Jr/Agência Brasil)

Seca no reservatório de Sobradinho, no Rio São Francisco, na Bahia

O estudo também analisa eventos extremos, e um deles chama a atenção: a **seca no Nordeste**. “Em 2016, a seca no Nordeste do Brasil foi observada pelo quinto ano consecutivo, fazendo dela a mais longa já registrada na região”, diz o estudo.

(...) As causas da seca ainda não são completamente compreendidas.

O fenômeno El Niño de 2015 pode ter influenciado, mas não explica, já que a seca começou antes. “Pesquisas recentes tentam identificar se a seca poderia ser parte de uma oscilação natural ou atribuída às mudanças climáticas causadas pelo homem”, diz o estudo.

Além do Nordeste, a Amazônia também sofreu com falta de chuvas em 2016. E o problema não é só brasileiro. Segundo o relatório, pelo menos 12%

da área de superfície terrestre do planeta enfrentou condições adversas de chuva e umidade.

Disponível em : <epoca.globo.com/ciencia-e-meio-ambiente/blog-do-planeta/noticia/2017/08/nordeste-enfrenta-maior-sequencia-de-anos-com-seca-extrema-ja-registrada.html>

Fig. 9 – Caso do primeiro material sobre produção da energia elétrica.

Fonte: Braga, 2018.

Todos os casos e mini-casos presentes no material didático estão interligados, então, nesse momento (AC₃), os conhecimentos adquiridos são utilizados para explicar o caso do primeiro encarte e os demais casos e mini-casos, favorecendo diferentes formas de estruturação e uso dos 3MP (ver apêndice). O mesmo momento pode ser explorado mais de uma vez no material, ampliando a dinâmica dos 3MP, a estruturação do material permite

século XXI”. Caso e mini-casos do segundo encarte: “Gato Mata Homem”; “Apagão Geral: o dia em que Vitória da Conquista parou”; “Hospitais terão que explicar problemas com geradores em apagão na PB”; “Falta de linha de transmissão limita expansão de usinas eólicas até 2020, diz associação”.

diferentes conexões entre os temas de análise conceitual e entre os casos/mini-casos pois, em algumas bifurcações, os conceitos são novamente utilizados, mas em um contexto diferente. Ao final dos três encartes os temas de análise conceitual são justapostos para evidenciar aspectos dos mini-casos e estabelecer interconexões entre mini-casos de casos diferentes, indicando a complexidade de cada caso. O uso variado e repetido dos Momentos Pedagógicos possibilita a construção de uma estrutura em rede que se assemelha a um modelo fractal (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011).

Enfatizamos que todos os casos e mini-casos presentes nos três encartes podem ser revisitados a partir dos conhecimentos estudados para que o educando estabeleça ligações entre os casos/mini-casos, ressaltando suas particularidades, correspondências e diferenças, aplicando o conhecimento em diferentes contextos e evidenciando a apropriação de conhecimento em contextos complexos e pouco estruturados. Vale destacar o importante papel do professor nesse cenário, estruturando e conduzindo os casos. Como declaram Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2011), o professor explora as falas dos estudantes, fomenta a discussão e questiona os posicionamentos a fim de aguçar as contradições e limitações nas falas de senso comum. É também sob a orientação do professor que os temas/conceitos selecionados como necessários são estudados nos comentários temáticos para que o educando se aproprie dos conceitos, compreendendo como determinados temas aplicam-se a uma determinada situação, permitindo a desconstrução dos mini-casos por diferentes ângulos.

VI. Considerações finais

A TFC parte do princípio de que o conhecimento apropriado na educação formal deve ser construído para usar, ser aplicado a novos casos do mundo real, e não para a reprodução engessada em ambientes escolares ou situações irreais. É desejável que o estudo de situações reais possa preceder a explanação das teorias para que o estudante adquira conhecimento em um nível complexo de aprendizado. No ensino de Física, Menezes (1988) já pleiteava uma nova forma de ensinar, na qual fosse possível construir visões de mundo e adquirir conhecimentos físicos relevantes por meio do estudo e discussão de situações práticas e reais, primordialmente situações que evidenciam a experiência cotidiana dos estudantes.

Casos e mini-casos podem permitir o desenvolvimento de um pensamento abstrato pelos estudantes e suscitar a discussão de aspectos econômicos, sociais, culturais, históricos e as contradições da realidade concreta (FREIRE, 1987). A travessia da paisagem em várias direções cumpre o papel de estabelecer as interconexões entre as situações possibilitando a construção de estruturas de conhecimento em rede (PESSOA; NOGUEIRA, 2009). Ou ainda, “[...] informação que precisará ser usada em uma série de maneiras diferentes precisará ser pensada de muitas maneiras diferentes” (SPIRO; FELTOVICH; COULSON, 1987, p. 10, tradução nossa).

Essas correlações são de grande valia para pesarmos mais concretamente o momento AC, pois favorecem diferentes formas de estruturação dos 3MP. São idas e vindas em torno de diferentes situações gerando novas AC e PI, ou novas OC. O exemplar didático que analisamos evidencia a construção de numerosos elementos interligados que se aproximam de um modelo fractal. Sobretudo, a instrumentalização da TFC incorporada aos 3MP possibilita um conhecimento aplicável nestes momentos. Em outras palavras, o sentido da aplicação do conhecimento transcende o terceiro momento, pois, pela perspectiva da TFC, o conhecimento aplicado em exemplos reais deve estar presente em cada um dos 3MP.

Verificamos ainda que os casos e mini-casos enfatizam a abordagem conceitual unificadora (ANGOTTI, 1993), com destaque para o conceito unificador Energia, que demarcou todo o material didático, em função da sua amplitude e da desconstrução dos casos/mini-casos em diversos contextos. Mas, ao longo do percurso da travessia temática pelos três encartes é possível explorar o par Transformações e Regularidades nas situações envolvendo transformação de energia e a sua conservação, e o conceito unificador Escalas considerando, por exemplo, produção e consumo da energia elétrica numa perspectiva macro e micro. Dessa forma, os conceitos unificadores, ao lado do modelo fractal dos 3MP, configuram-se como potenciais estruturadores para abordagens didáticas pautadas na TFC.

Finalmente, o conjunto dos três encartes que compõem o material didático completo foi produzido para o contexto da educação de jovens e adultos, mas pode ser utilizado no ensino regular, visto que apresenta conhecimentos físicos tradicionalmente desenvolvidos no âmbito da sala de aula, mas com uma abordagem singular (BRAGA, 2019). Nossa análise atesta que os principais pressupostos da TFC foram alcançados, mas alertamos que materiais didáticos envolvendo casos e mini-casos não devem ser concebidos para serem empregados como um pacote fechado em si mesmo, sob o risco de cair no pré-empacotamento ou encapsulamento, criticado por Spiro e colaboradores (1989). É a mediação docente que permite estruturar os 3MP e explorar os casos e mini-casos no modelo fractal.

Os avanços que temos verificado nessa proposta constituem na articulação da TFC com os 3MP, no que concerne a codificação-problematização-descodificação no qual os casos e mini-casos imersos em temas que têm potencial para serem significativos, configuram-se como situações codificadas a serem decifradas pelo estudante ao longo da travessia temática. Em especial, destacamos sua contribuição para o momento AC, no qual o estudante reorganiza o conhecimento adquirido em sala de aula para compreender e solucionar uma nova situação, desenvolvendo a Flexibilidade Cognitiva.

O processo de desconstrução dos casos em mini-casos e a análise destes por meio de variadas travessias temáticas pode proporcionar outras ramificações nos momentos originais para além das verificadas na estrutura tipo fractal de abordagem deste encarte, possibilitando o estudo de novos objetos do conhecimento e/ou diferentes níveis de aprofundamento, a depender da esfera de ensino. As diferentes possibilidades de organização e uso do material didático, a depender da extensão e profundidade que o nível de ensino requer, ou da discussão

que se queira enfatizar em sala de aula com situações reais que possibilitam um estudo contextualizado e interdisciplinar. Se necessário, adaptações podem ser efetuadas visando adequar o material às circunstâncias dos sujeitos aprendizes; ou, os encartes podem ser utilizados como material didático de apoio ao livro didático, auxiliando o estudante no desenvolvimento de um pensamento flexível e crítico.

Referências

ANGOTTI, J. A. P. Conceitos Unificadores e ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 15, n. 4, p. 191-198, 1993.

ARRUDA, J. R. C. Um sistema didático para la enseñanza-aprendizaje de la Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 4, p. 329-350, 2001.

ARRUDA, J. R. C. Um modelo didático para enseñanza aprendizaje de la Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 86-104, 2003.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2002.

CARVALHO, A. A. A. A representação do conhecimento científico segundo a Teoria da Flexibilidade Cognitiva. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 1, p. 169-184, 2000.

CARVALHO, A. A. A. Promover a Flexibilidade Cognitiva em níveis avançados do conhecimento. **Revista da FACED**, v. 12, n. 6, p. 25-46, 2002.

DELIZOICOV, D. Problemas e Problematizações. In: PIETROCOLA, M. (org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001, p. 236.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1992.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNANBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2011.

BRAGA, G. R. **A Teoria da Flexibilidade Cognitiva como estruturantes dos Três Momentos Pedagógicos**: contribuições ao ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Programa de Pós-Graduação em Ensino, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREIRE, P. **Ação Cultural para a Liberdade e Outros Escritos**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1981.

LEÃO, M. B. C.; NERI, F. FlexQuest: una webquest con aportes de la Teoría de la Flexibilidad Cognitiva (TFC). **Enseñanza de las Ciencias**, n. Extra, p. 569-573, 2009.

LEITE, B. S.; LEÃO, M. B. C. Contribuição da Web 2.0 como ferramenta de aprendizagem: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 8, n. 4, p. 288-315, 2015.

MENEZES, L. C. Novo (?) método (?) para ensinar (?) física (?). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 2, n. 2, p. 85-97, 1980.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 3, p. 199-215, 2012.

PESSOA, T.; NOGUEIRA, F. Flexibilidade Cognitiva nas vivências e práticas educativas: casebook para a formação de professores. In: NASCIMENTO, A.; HETKOWSKI, T. (Org.). **Educação e contemporaneidade: pesquisas científicas e tecnológicas**, 2009. p. 111-131.

PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005. v. 1. 235 p.

RICARDO, E. C. Problematização e contextualização no ensino de física. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. p. 29-51.

SOUZA, R. V.; LEÃO, M. B. C. O processo de construção da FlexQuest por professores de ciências: análise de alguns saberes necessários. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 21, n. 4, p. 1049-1062, 2015.

SPIRO, R. J.; VISPOEL, W.; SCHMITZ, J.; SAMARAPUNGAVAN, A.; BOERGER, A. Knowledge Acquisition for Application: Cognitive Flexibility and Transfer in Complex Content Domains. In: BRITTON, C.; GLYNNI, S. M. (Eds). **Executive Control in Processes in Reading**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1987. p. 177-199.

SPIRO, R. J.; COULSON, R.; FELTOVICH, P.; ANDERSON, D. Cognitive Flexibility Theory: Advanced Knowledge Acquisition in Ill-Structured Domains. In: Conference of the Cognitive Science Society, 10, 1988, Hillsdale, NJ: Erlbaum, Hillsdale, NJ. **Anais...**

VASCONCELOS, F. C. G. C.; LEÃO, M. B. C. Utilização de recursos audiovisuais em uma estratégia FlexQuest sobre Radioatividade. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 37-58, 2012.

VIDMAR, M. P. **Atividades didáticas de Física mediadas por hipermídia: potencialidades para o desenvolvimento da Flexibilidade Cognitiva**. 2017. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Apêndice

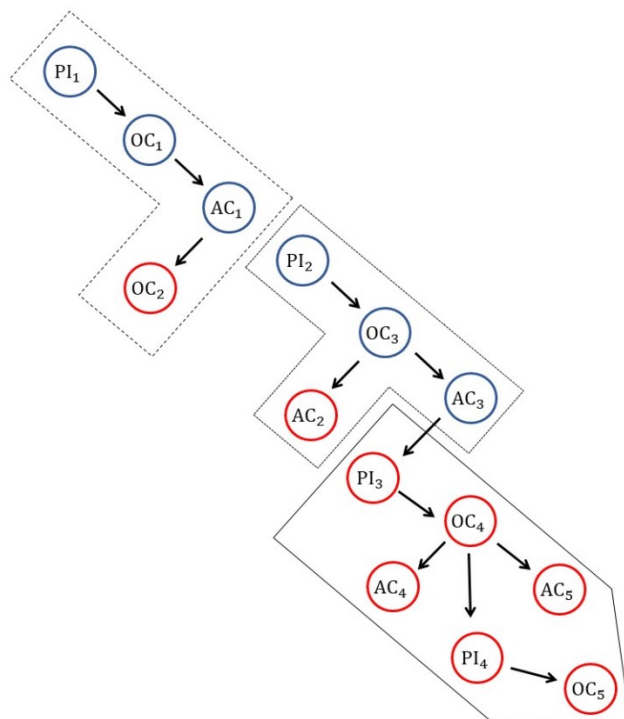


Fig. 3 – Representação da estrutura dos 3MP nos materiais didáticos conforme situação de ensino desenvolvida na escola. Fonte: adaptado de BRAGA, 2019.

Os círculos azuis evidenciam a estrutura original dos 3MP no primeiro e segundo encarte, e os círculos vermelhos indicam outros momentos oriundos das bifurcações nos momentos originais. O contorno tracejado em formato L destaca a organização do primeiro encarte, referente à produção da energia elétrica. O contorno pontilhado em formato T destaca

a organização do segundo encarte, referente à transmissão da energia elétrica. O contorno contínuo em formato pentagonal destaca a organização do terceiro encarte, referente ao consumo da energia elétrica.

No presente artigo nomeamos a PI_3 como PI_1 , ou seja, como a problematização inicial do terceiro encarte. Além disso, consideramos OC_4 como OC_1 e AC_5 passou a ser AC_1 . De forma semelhante, PI_4 , OC_5 , e AC_4 estão sendo designados como PI_2 , OC_2 , e AC_2 , respectivamente.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).